מספר קורס: 361.1.2081

מרצה: אורי סויסה

מתרגל:

יוצר המסמך: בת-אל קטני

סוג החומר: סיכום הרצאות

שם הקורס: מבוא להנדסת חשמל ואלקטרוניקה א' 1

2020

באדיבות מדור אקדמיה, אגודת הסטודנטים, אוניברסיטת בן גוריון.
www.bgu4u.co.il

סיכום חומר כחשמל:

פרק 1: רכיבים ומעגלים מקובלים-

1.1 רכיב מקובל - כלומר רכיב שמקיים שני תנאים:

הזרם שנכנס = הזרם שיוצא.

אם מצוינים צרם, הפוטנציאל הרוחבי הוא בכיוון הזרם הנכנס.

1.2 כיווני "יחוס" - נבחרים כאוסף שרירותי (יתכן שיהיו שונים מהכיווניים האמיתיים)

כיוון אמיתי של זרם - נגד הכיוון של תנועת האלקטרונים.
כיוון אמיתי של מתח - בכיוון השדה החשמלי.

אם כיוון היחוס זהה לכיוון האמיתי - אז הסימן חיובי (+).
אם כיוון היחוס מנגד לכיוון האמיתי - אז הסימן שלילי (-).

הסכם הסימנים - כיוון הזרם יהיה תמיד מהדק החיובי (+) לשלילי (-).

הספק: $P=V\cdot I$: $P>0$ צרכן. $P<0$ ספק. [הספק = קצב שינוי האנרגיה לזה כמו]

1.3 חוקי קירכהוף - ענף - כל רכיב ברשת מוגדר כענף.
צומת - נקודת החיבור של שני ענפים.

חוק הזרמים (KCL): סכום כל הזרמים הנכנסים = סכום כל הזרמים היוצאים.

חוק המתחים (KVL): סכום הווקטורי של כל המתחים לאורך מסלול סגור שווה 0.
(כל רכיב בעל אוזן ↻, נסמנה אם כיוון השעון. כשנכנסים דרך (-) עדיף כשלילי).

פרק 2: רכיבים פסיביים במעגלי זרם ישר-

2.1 נגד - הנפוץ ביותר אנרגיה חשמלית לאנרגיית חום.

יחידות: אוהם Ω (התנגדות), מהו ℧ (מוליכות).

חוק אוהם - $V_R=I\cdot R$, $I_R=V_R\cdot G$ $G=\frac{1}{R}$.

ההספק של נגד תמיד חיובי ($P=\frac{V^2}{R}$) ולכן נגד הוא תמיד צרכן.

אם ההתנגדות שווה 0 זה כמו חוט: —∿— ⇔ —.

חיבור נגדים בטור - כשכל הזרם עורם כמקשה אחת ללא התפצלות.

$R_{tot}=\sum R_i$

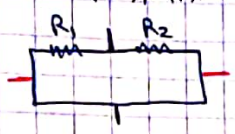
חיבור נגדים במקבילות - נחבר בין שני הקצוות של הנגדים, אם לא עברנו בין שם רכיב עבור שני החיבורים - החיבור הוא מקבילי.

ההתנגדות השקולה תמיד תהיה קטנה יותר מההתנגדות של הנגד הכי קטן.

$\frac{1}{R_{tot}}=\sum\frac{1}{R_i}$ ← רבוי לעומת עם מוליכויות $G_{שקול}=\sum G_i$.

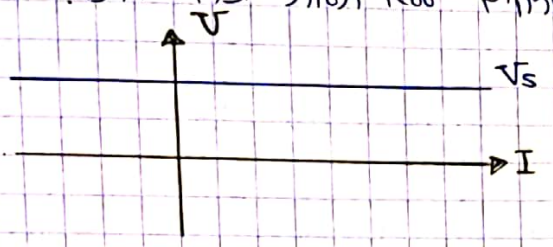
Scanned with CamScanner

כדי לפצות אם שני נגדים מחוברים בטור/במקביל חייב להתייחס לנקודת מפיצה!



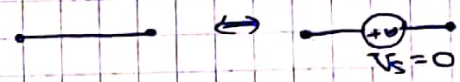
אם נגד נמצא במקביל לקצר (חוט ריק) ניתן לבטלו/להתעלם.

2.2 מקור מתח אידיאלי - מקור מתח אידיאלי הוא רכיב השומר על מפל מתח קבוע בין הקדקודים ללא תלות בזרם דרכו.

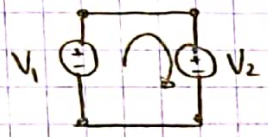


$V_s = V_+ - V_-$

• אם $V_s=0$ זה כמו קצר



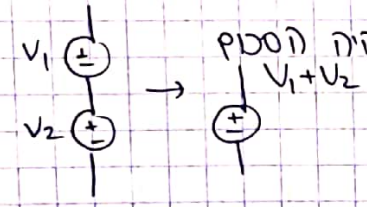
חיבור מקורות מתח במקביל - אסור! חיבור כזה יכול לגרום לפיצוץ ולקצר שחוק קירכהוף לא יתקיים.



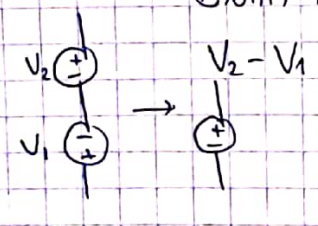
נתון ש $V_1>V_2$ אך קיבלנו $-V_1+V_2=0 \rightarrow V_1=V_2$

חיבור מקורות מתח בטור +

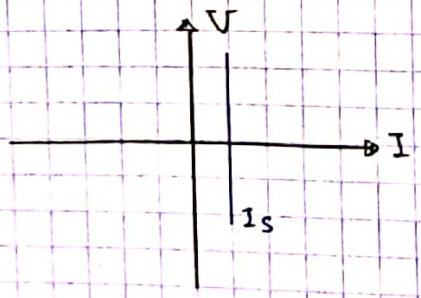
אם שני מקורות המתח באותו כיוון השקול יהיה הסכום



אם שני מקורות המתח בכיוונים מנוגדים, השקול יהיה ההפרש



2.3 מקור זרם אידיאלי - מקור זרם אידיאלי הוא רכיב השומר על מעבר זרם קבוע דרכו ללא תלות במתח על פניו.

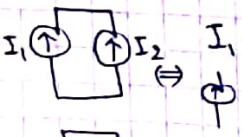


• אם $I_s=0$ זה כמו ניתוק

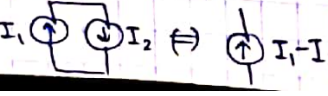
חיבור מקורות זרם בטור - אסור, זרם כאן יכול להיות פיצוץ.

חיבור מקורות זרם במקבל -

אם שני מקורות הזרם באותו כיוון, השקול יהיה הסכום: I_1+I_2



אם הם בכיוונים הפוכים, השקול יהיה ההפרש: I_1-I_2 או I_2-I_1

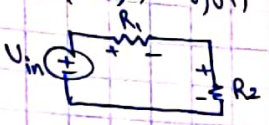


Scanned with CamScanner

פרק 3: כללים בסיסיים בניתוח רשתות -

3.1 מחלק מתח -

מתח בענף כלשהו = מכפלת מתח המקור בהתנגדות הענף הנבדק לחלק לסכום ההתנגדויות שמחוברות בטור במעגל.



- אם המתחים בכיוונים הפוכים (+ פעם -) נשים במחלק מתח -.
- אם אופשר להעביר את המעגל לצורה טורית - נשתמש במחלק מתח.

3.2 מחלק זרם -

זרם בענף כלשהו = מכפלת זרם המקור (הזרם לפני הפיצול) בהתנגדות השקולה המקבילה לענף הנבדק. לחלק בסכום ההתנגדויות המקבילות במעגל.

- כאשר זרם המקור והזרם שמחפשים בסוותו כיון נשים מינוס בנימוקו לפני.

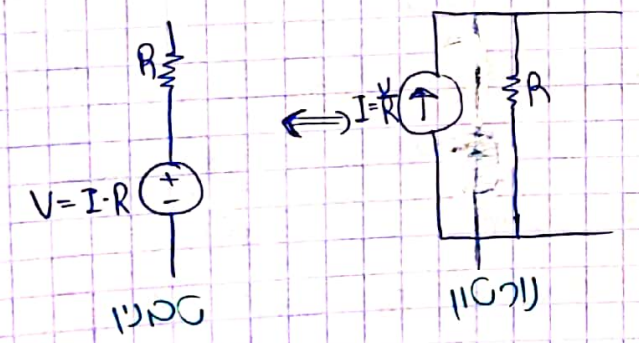
צורת תקינה:

3.3 ביטול רכיבים מיותרים -

(1) כל רכיב בטור למקור זרם ניתן לקצר אותו בתנאי שאינו רכיב נבדק.

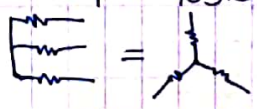
(2) כל רכיב במקבול למקור מתח ניתן לנתק אותו בתנאי שאינו רכיב נבדק.

3.4 שקילות טבנין - נורטון -

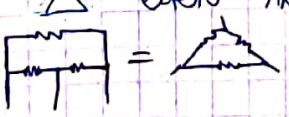


3.5 חיבור כוכב/משולש -

חיבור כוכב - Y



חיבור משולש Δ



צפף להמיר לכוכב.

המרת משולש לכוכב: המונה - מכפלת צלעות 3 מוגדות.
המכנה - (סכום לכולם) - סכום צלעות המשולש.

המרת כוכב למשולש: המונה - (מכפלה לכולם) - מכפלה של כל 2 צלעות אפשריות
המכנה - הנגד שלכי רחוק מהצומת (שאינו נגע בו).

Scanned with CamScanner

פרק 4: ניתוח רשתות בשיטת הצמתים-

- מקור צרם מתשמ- מקור צרם עם נגד במקביל. נחשב לרכיב אחד.
- מקור מתח מתשי- מקור מתח עם נגד בטור. נחשב לרכיב אחד.

שיטת הצמתים באופן יבני:

1. נסמן צרמים ומתחים על כל רכיב בהתאם.
2. נסמן מתחים בצמתים בהם המתח איננו ידוע e_i, נקבע את צומת הייחוס בה המתח שווה 0.
3. נסמן מתחים V_i באמצעות מתחי צמתים (מ+ ל-)
4. נכתוב לכל צומת משוואת KCL. (צרמים נכנסים = צרמים יוצאים)
   - נביע את הצרם באמצעות הנוסחאו $I=V\cdot G$.
   - כל מתח V_i נביע בעזרת e_i.
   - נפתור מטריצה למציאת e_i.

שיטת הצמתים בהתבוננות:

1. המרת כל מקור מתח מתשי למקור צרם מתשי, לפי תבנין.
2. המרת כל מקור מתח אידיאלי לענפים בהם יש התנגדות. מבצעים הצבה לענף שיש בו הכי הרבה רכיבים על מנת שנכפיל את מקור המתח כמה שפחות.
3. ביטול רכיבים מיותרים (בטור לצרם- נקצר, במקביל למתח- נקצר).
4. סימון מתח בכל צומת וצומת הייחוס.
5. חישוב מטריצה:

$$\vec{G}\cdot\vec{e}=I_s \rightarrow \begin{pmatrix} G_{11} & & \\ & \ddots & \\ & & G_{nn} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_n \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} I_{s1} \\ \vdots \\ I_{sn} \end{pmatrix}$$

- איברי האלכסון (G_{kk}): סכום כל המוליכויות של הנגדים המחוברים לצומת k. האלכסון תמיד חיובי
- איברים מחוץ לאלכסון (G_{kl}): מינוס סכום כל המוליכויות של הנגדים הנמצאים על הענף המחבר בין צומת k לצומת l. (אם אין כזה נשים 0) האיברים מחוץ לאלכסון תמיד שליליים.
- וקטור מקורות הצרם: סכום כל מקורות הצרם (כולל אלו שהופכו לחלק) הנכנסים לצומת k.
  נכנס לצומת- חיובי, ויצא מהצומת- שלילי.
6. הצבה למציאת המקורי והבבוה של המתחים שחשבו ביחס לענפים שאר לעברו כל שינוי.

Scanned with CamScanner

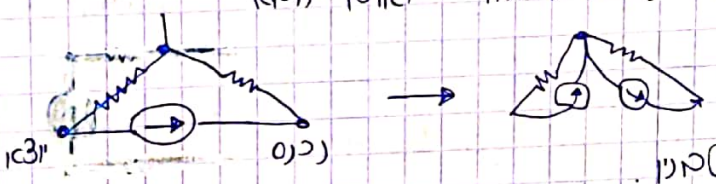
פרק 5: ניתוח רשתות בשיטת המתחים -

שיטת המתחים בקצרה יהיו:

1. נסמן בכל מגע מעגל מתח J_k עם כיוון השעון.
2. עבור כל מתח נרשום משוואות KVL כך שכל V_i יבטא בעזרת: $V_i = I_i R_i$
ובהמשך כל I_i יבטא בעזרת חיבור/חיסור של J_i.
3. נבנה מטריצה ונמצא J_i.

שיטת המתחים בהתבוננות:

1. המרת כל מקור כדם מעשי למקור מתח מעשי לפי תבנין.
2. הצבת מקורות כדם אידיאליים - נשים לב לנקודה שבה יבוא הזרם ולנקודה בה מסתיים הזרם. ונבצע המרה בהתאם להם



על מה שמקבלים אפשר לעשות שקול טבנין.

3. רשום לכל מתח - כדם מתח J_k
4. נמלא את המטריצה:

$$\begin{pmatrix} R_{11} & & \\ & \ddots & \\ & & R_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} J_1 \\ \vdots \\ J_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{S1} \\ \vdots \\ V_{Sn} \end{pmatrix}$$

- איברי האלכסון (R_{kk}): סכום כל ההתנגדויות במתח J_k. האלכסון תמיד חיובי
- איברים מחוץ לאלכסון (R_{kl}): מינוס ההתנגדות המשותפת למתח k ו-l (אין נגדים 0) האיברים מחוץ לאלכסון תמיד שליליים.
- וקטור מקורות המתח: סכום כל מקורות המתח (כולל מותמרים) לאורך המתח J_k. נכנסו בהדק השלילי - נקח כחיובי. נכנסו בהדק החיובי - נקח כשלילי.

5. נחזור למעגל המקורי ונציב את כל המתחים שחושבו ביחס לנקודה שלא עברו שינוי.

כללים לבחירת שיטת ניתוח מעגלים:

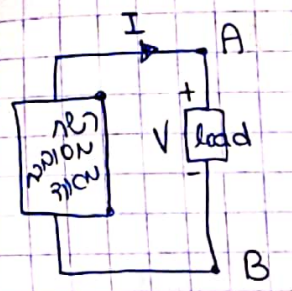
1. גודל המטריצה: גודל המטריצה בזמתים = מס' הזמתים פחות מס' מקורות מתח אידיאלי
גודל המטריצה בזרמים = מס' הזרמים פחות מס' מקורות כדם אידיאלי.
2. מינימום הצבות: אם יש מקורות מתח אידיאליים - נעדיף זרמים.
אם יש מקורות כדם אידיאליים - נעדיף זמתים.
3. הפרמטר הנדרש: אם כדם - עדיף זרמים
אם מתח - עדיף זמתים.

Scanned with CamScanner

פרק 6: משפטי רשת:

6.1 משפט הסופרפוזיציה:

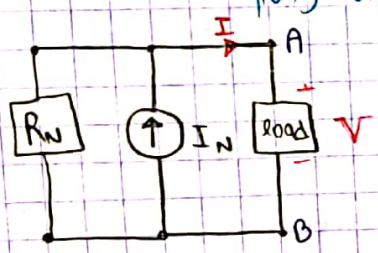
עפ"י משפט זה תגובת הרשת לסכום המקורות שווה לסכום האלגברי של התגובות לכל מקור בנפרד. [נתייחס לכל מקור בנפרד ובאותו הזמן נתעלם משאר המקורות]. כאשר נבדוק השפעת מקור כלשהו יש להשביתו את שאר המקורות. מתח - נקצר, זרם - ניתק.

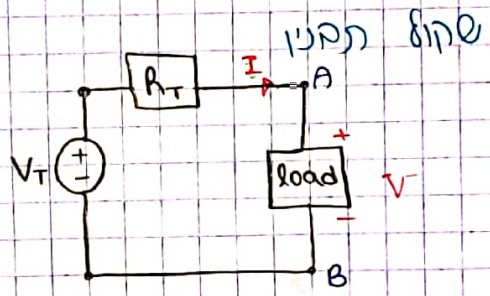


6.2 משפטי תבנין - נורטון:

אם נתונה מערכת מורכבת, נתעלם ממה שיש בפנים. נסתכל רק על המתח שהוא מפיל על load ונוצרים שהוא מספק ל load.

load כה הרכיב הנעלם שצריך נרצה לקבל מידע.





$$\begin{cases} R_N = R_T \\ V_T = R_N \cdot I_N = R_T \cdot I_N \end{cases}$$

חישוב התנגדות תבנין/נורטון:

1. מנתקים את הרכיב בין A ל B. (load)
2. משביתים מקורות (זרם מנתקים, מתח מקצרים)
3. מחשבים התנגדות שקולה בין A ל B. $R_T = R_{AB}$

חשוב! נשים לב לנקודת המדידה (זה היחוס).

חישוב מתח תבנין:

1. מנתקים את הרכיב load שנמצא בין A ל B.
2. מודדים את מתח הריקם: $V_T = V_{AB} = V_A - V_B$. $V_+ - V_-$

חישוב זרם נורטון:

1. מקצרים את הרכיב load שנמצא בין A ל B. (חוט)
2. מודדים את הזרם שעובר על הקצר שנוצר. $I_N = I_{AB}$

- כאשר הרכיב load יהיה מחובר בטור לרכיב ← נעדיף לחשב מתח תבנין
- כאשר הרכיב load יהיה מחובר במקבילה לרכיב ← נעדיף לחשב זרם נורטון.

Scanned with CamScanner

פרק 7: מעגלים מסדר ראשון -

7.1 קבל: אוסמוס אובר מסוג חשמלי. אוסמוס אובר מתח

יח' [F] או [μF]

1. $I_c(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = \frac{C \cdot dV_c(t)}{dt}$

2. $Q = C \cdot V_c$

7.2 סלל: אוסמוס אובר אנרגיה מגנטית. אוסמוס אובר צרם

יח' [H]

1. $V_L = \frac{dQ(t)}{dt} = \frac{L \cdot dI_L}{dt}$

2. $\underset{\text{השראות}}{\emptyset} = L \cdot I_t$

7.3 הספק ואנרגיה:

סך האנרגיה האחוזה בקבל בזמן t כלשהו: $E_c(t) = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_c^2(t)$

סך האנרגיה האחוזה בסליל בזמן t כלשהו: $E_L(t) = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I_L^2(t)$

• הספק - תוספת האנרגיה שמתווספת לרכיב.

7.4 מעגלי RC: מעגל של קבל ונגד

• מעגלים מסדר ראשון מאופיינים במתח.

① תחילה, נבדוק איך המעגל נראה בזמן $t<0$ ובזמן $t \geq 0$

② נחשב מתח וזרם במעגלים, נחשב בכל הקבל עפ"י התבנית (היחיד שמשמר רציפות!) מתח הקבל

$t<0$ - יש תנאי התחלה

$t \geq 0$ - יש משוואה דיפרנציאלית - שם נחשב פרמטר נדרש.

$$V_c(t) = V_c(0) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + V_c(\infty) \cdot [1 - e^{-\frac{t}{\tau}}]$$

הפרמטרים שיש לחשב: $V_c(0), V_c(\infty), \tau$

איך נמצאו אות הפרמטרים? לפי השלבים המוכרים!

7.5 מעגלי RL: מעגל של נגד וסליל.

$$I_L(t) = I_L(0) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + I_L(\infty) \cdot [1 - e^{-\frac{t}{\tau}}]$$

הפרמטרים שיש לחשב: $I_L(0), I_L(\infty), \tau$

• בזרם הסליל מקיים רציפות.

במעגלים מסדר ראשון כל הזרמים והמתחים יהיו בצורה כמו מתח הקבל/זרם הסליל מבחינת הסוגים.

Scanned with CamScanner

פרק 8: ניתוח רשתות בצרכי חשמל-

8.1 אות סינוסי:

$$X_1(t) = X_m \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

X_m ← אופן

ω ← תדירות זוויתית

$$\omega = 2\pi f$$

f ← תדר האות

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{\frac{\omega}{2\pi}} = \frac{2\pi}{\omega}$$

זמן מחזור

$$X_2(t) = X_m \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

φ ← זווית הפאזה

$$\omega t + \varphi = 0$$

$$t = \frac{-\varphi}{\omega}$$

$$\left[\begin{array}{l} \cos(\omega t) = \sin(\omega t + 90^\circ) \\ \sin(\omega t) = \cos(\omega t - 90^\circ) \end{array}\right]$$

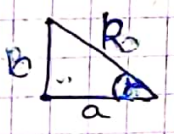
8.2 מספרים מרוכבים:

$$X = \overbrace{a + jb}^{\text{קרטזית}} = \overbrace{R\angle\varphi}^{\text{פולארית}}$$

a ← ממשי, b ← מדומה, R ← אופן, φ ← זווית

$$R = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right)$$



$$a = R\cos\varphi$$
$$b = R\sin\varphi$$

כלל הרמר:

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix}$$

$$e_1 = \frac{\begin{vmatrix} X_1 & B \\ X_2 & D \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} A & B \\ C & D \end{vmatrix}} = \frac{X_1 D - X_2 B}{AD - BC}$$

8.3 פאזור ועכבה:

8.3.1 פאזור – מס' מרוכב המייצג פולארי הנותן מידע לגבי הזוית והפאזה של האות. בנוסף מעבר לייצג פאזורי יש להתבונן אות האות כמישור הנמו לצורה של קוסינוס. $x(t) = X_m \cdot \cos(\omega t + \varphi)$

$$X = X_m\angle\varphi$$

Scanned with CamScanner

8.3.2 עכבה (Z): $Z = \frac{V}{I}$

[Ω]

$Z_R = R$

$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{-j}{\omega C}$

$Z_L = j\omega L$

סדר ניתוח צרם חלופין:

מהיכן מעגל הכולל מקור/ות אותת סינוסי/קוסינוסי -

(1) שרטט מעגל עם כל הרכיבים ללא ציון ערכים.

(2) המר כל מקור (צרם או מתח) לייצוג של פאזור.

(3) המר כל רכיב (נגד או קבל סליל) לייצוג של עכבה.

(4) חיבור בטור/במקביל של עכבות בהם לחיבור נגדים.

(5) כל השיטות תקפות עם כוון.

עכבות של סלילים תמיד חיוביות. # עכבות של קבלים תמיד שליליות.

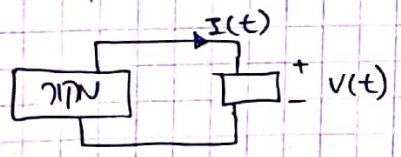
$V_R = I \cdot R$ $\qquad V_L = j\omega L \cdot I_L$

$V_C = \frac{1}{j\omega C} \cdot I_C$

• עבור רכיבים בטור - ניתן לחבר את העכבות שלהם.
• עבור רכיבים במקביל - ניתן לחבר את היתירויות שלהם.

פרק 9: הספק ואנרגיה במשתנה צרם חלופין:

9.1 הספק מיידי-



$V(t) = V_m \cdot \cos(\omega t + \varphi_V)$
$I(t) = I_m \cdot \cos(\omega t + \varphi_I)$

ההספק הרגעי (בנקודת מצמו) מוגדר: $P(t) = I(t) \cdot V(t)$

לאחר פישוט ושימוש בזהויות, הגענו לחישוב הספק ממוצע של כל רכיב:

$P_{avg} = \frac{1}{T}\int_0^T P(t)dt = \frac{1}{2} \cdot V_m \cdot I_m \cdot \cos(\varphi_V - \varphi_I)$

מקרים פרטיים של הספק ממוצע:

נגד	קבל	סליל
$P_{avg} = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_m^2}{R} \geq 0$	$P_{avg} = 0$	$P_{avg} = 0$
המתח שווה הנגד $P = \frac{1}{2} \cdot \lvert I \rvert^2 \cdot R$ $\lvert I \rvert = \sqrt{a^2 + b^2}$	# צורת הצרם מקדימה את צורת המתח - $\varphi_V - \varphi_I = -90^\circ$	# צורת הצרם מפגרת את צורת המתח - $\varphi_V - \varphi_I = 90^\circ$
$Q_R = 0$	$Q_C = -\frac{1}{2} V_m I_m \leq 0$ $Q_C = \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot Im\{Z_C\}$	$Q_L = \frac{1}{2} \cdot V_m \cdot I_m \geq 0$ $Q_L = \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot Im\{Z_L\}$

למקורות יש S.
לקבלים וסלילים יש רק Q.
לנגדים יש רק P.

Scanned with CamScanner

9.2 הספק מרוכב:

$$S = P + Q$$

הספק מדומה — הספק ממשי

אם המתח והזרם לא לפי הסכם הסימנים נוסף

$$S = \frac{1}{2} V_m I_m \angle \varphi_V - \varphi_I = \underbrace{\frac{1}{2} V I^*}\quad \left(I = \frac{S^*}{V^*}\right)$$

אם $I = a + jb = R\angle\varphi$

אז $I^* = a - jb = R\angle -\varphi$

ולפי אומר הקיבו'

$$= \underbrace{\frac{1}{2} V_m I_m \cos(\varphi_V - \varphi_I)}_{P_{avg}\ \text{הספק ממשי}} + \underbrace{\frac{1}{2} V_m I_m \sin(\varphi_V - \varphi_I)}_{Q\ \text{הספק מדומה}}$$

ולפי

$Q \rightarrow [VAR]$

$P \rightarrow [W]$

$S \rightarrow [VA]$

ולפי אומר

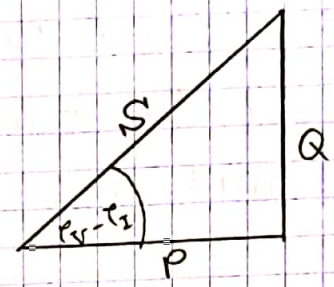
9.3 משולש הספקים:

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$\tan\varphi = \frac{Q}{P}$$

מקדם הספק - $\cos\varphi = \frac{P}{S}$

$$S = P + j \cdot Q$$



9.4 הספק וצרכנים:

$$P = \frac{1}{2} \cdot I_m^2 \cdot Re(Z)$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot V_m^2 \cdot Re\left(\frac{1}{Z}\right)$$

$$S_Z = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_m^2}{Z^*} \rightarrow$$ מקור המתח / המתח על Z

$$S = |S| \cdot \angle\varphi$$

$$S_Z = \frac{1}{2} \cdot |I_s|^2 \cdot Z_L$$

אם $Z = a + j \cdot b$

אז $Re(Z) = a$

חישוב $\cos(\varphi)$:

1. $\cos(\varphi) = \frac{P}{S}$

2. $\cos(\varphi) = \cos(\varphi_S)$: $S = \frac{1}{2} \cdot V_m \cdot I_m \cdot \angle \varphi_V - \varphi_I = \varphi$

3. בעצמת צרכנה שקולה - $\cos\varphi = \cos\varphi_{Zeq}$: $Z = \frac{V}{I} = \frac{V_m \angle \varphi_V}{I_m \angle \varphi_I} = \frac{V_m}{I_m} \angle \varphi_V - \varphi_I$

שיפור מקדם הספק:

- כשמתקשים לשפר את גורם הספק לא: $\cos\varphi = 1 \rightarrow \varphi = 0$

$\cos\varphi = \cos\varphi_{Zeq} \rightarrow \varphi_{Zeq} = 0$

נעשה אם חיברו Zadd בטור!

כלומר, נדרוש צרכנה ממשית בלבד!

ואז מוצאים Zeq ודורשים צרכנה ממשית וכך שמשווים חלק מדומה לא.

אם חיברו Zadd כמקבול לא נוכל לחלק לפי Zeq ונצטרך להשתמש

בתיבות Yeq!

$$Y_{eq} = Y_{add} + Y_{eq} = Y_{add} + \frac{1}{Z_{eq}}$$

ואז נדרוש מהמוטו הנ"ל יתירות ממשית בלבד!

- כשמתקשים להבדל את גורם הספק נמוך לשהו. ① נחשב φ_2: $\cos\varphi_2 =$ תש

② נחשב Q_2: $Q_2 = P_2 \cdot \tan\varphi_2$ ③ נחשב Q_{add}: $Q_{add} = Q_2 - Q_1$ $(P_2 = P_1)$

המשך בדף הבא

$Q_{add} < 0$ (קבל) , $Q_{add} > 0$ (סליל)

Scanned with CamScanner

ערכי RMS:

(#) $V_{RMS} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$ $\quad (V(t) = V_m \cdot \cos(\omega t + \varphi_V))$

(#) $I_{RMS} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ $\quad (I(t) = I_m \cdot \cos(\omega t + \varphi_I))$

(#) $P_{avg} = V_m I_m = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_m}{\sqrt{2}} = V_{RMS} \cdot I_{RMS}$

עבור נגד

• כל נוסחאות ההספק נשארות אותו פרט לשמיטת ה $\frac{1}{2}$.

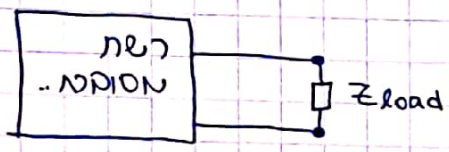
(#) במידה והמקור נתון כמה RMS:

אז: • המקורות ישארו כמה RMS וכל הנוסחאות יהיו תקפות בלי מקדם $\frac{1}{2}$.

• נעבור את המקור לאמפליטודה ע"י הכפלתו ב $\sqrt{2}$ ואז כל הנוסחאות תקפות עם מקדם $\frac{1}{2}$. (כאן לעבור RMS ← רגיל נכפיל ב $\sqrt{2}$).

$V \longleftarrow V_{RMS}$

(#) אומס- רכיב שצורך כלום, מעמיס על המערכת, ברכו.



העברת הספק מקסימלי:

מהי העכבה שיש לחבר עליה שיתפתח עליה הספק מקסימלי?

$Z_{load} = Z_T^*$ מחשבים ממש את Z_{eq} לפי שקול תבנין.

הצמוד של Z_T (שקול תבנין)

$P_{max} = \frac{1}{8} \cdot \frac{|V_t|^2}{R_t}$ כמה רגעית

החלק הממשי של Z_t.

$P_{max} = \frac{1}{4} \cdot \frac{|V_t|^2}{R_t}$ כמה RMS

(#) דיאגרמה פאזורית: לכל רכיב נסמן את וקטור הכרכ והמתח:

• כרכ ומתח של נגד יופיעו רק בציר Re

• כרכ ומתח של קבל/סליל יופיעו רק בציר Im.

Scanned with CamScanner

מערכות ספרתיות - סיכום:

(1) מספר בבסיס r כלשהו מיוצג כך:

$$(N)_r = (b_{n-1}, \dots, b_1, b_0 . b_{-1}, b_{-2}, \dots b_{-m})_r$$

כך ש- r - מייצג את הבסיס
$1 \le b \le 0$ - ספרות הבסיס
n - מס' ספרות השלם
m - מס' ספרות השבר.

המרה מבסיס r כלשהו לבסיס עשרוני:

$$(N)_r = \sum_{i=-m}^{n-1} b_i r^i$$

למשל- $(5032)_6 = (?)_{10}$ (3 2 1 0)

$$5\cdot 6^3 + 0\cdot 6^2 + 3\cdot 6^1 + 2\cdot 6^0 = (1100)_{10}$$

המרה מבסיס עשרוני לבסיס r כלשהו:

עבור מס' שלמים- נחלק את המספר בבסיס r ונרשום שאריות, עד שנגיע לשלם ששווה 0. בסוף, נקרא את שאריות המנה למעלה

עבור מס' שברים- נכפיל את ~~המספר~~ השבר בבסיס r ונרשום שלמים, עד שנגיע לשארית ששווה 0. בסוף, נקרא את שלמים המלמעלה למטה.

עבור מס' ממשיים- נבצע שלם שלמים, שלם שברים ונאחד את התשובה.

המרה מבסיס עשרוני לבסיס בינארי בדרך הקצרה:

רושמים את החזקות של בסיס 2 ומתחילים למלא את השורה. למשל:
$(764.875)_{10} = (?)$

תלוי איזה דיוק מבקשים

512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	.	0.5	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{64}$
1	0	1	1	1	1	1	1	0	0		1	1	1	0	0	0

$764-512=252-128=124-64=60-32=28-16=12-8=4-4=0$

המרה בין הבסיסים 10, 8, 2:

עשרוני (10)	אוקטלי (8)	בינארי (2)
0	0	0 0 0
1	1	0 0 1
2	2	0 1 0
3	3	0 1 1
4	4	1 0 0
5	5	1 0 1
6	6	1 1 0
7	7	1 1 1

Scanned with CamScanner

המרה בין הבסיסים 10, 16, 2:

עשרוני (10)	הקסה דצימלי (16)	בינארי (2)
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
10	A	1010
11	B	1011
12	C	1100
13	D	1101
14	E	1110
15	F	1111

- במעבר מבינארי לאוקטלי (8) נחלק לקבוצות של 3 סיביות לפי הספרה.
- במעבר מבינארי להקסה דצימלי (16) נחלק לקבוצות של 4 סיביות לפי הספרה.
- אם בקבוצות בגין השמאלה לא 3/4 נוסיף אפסים.

פעולות אריתמטיות:

① חיבור בבסיס X: מחברים. אם קיבלנו בתוצאה מס' שגדול מ X נחסר X מהמספר שקיבלנו ונשמור 1 לשלב הבא.

② חיסור: כשמלווים בבסיס X כלשהו ממספר מסוים, כל מי שמימין למספר יקבל את הערך X-1, עד שהאחרון (הכי ימני) יקבל 10.

← בבסיס בינארי, 10 מייצג את המספר 2 בבינארי. ולכן נשתמש ב 1-10

← בבסיס 8 כמו 1-2. המספר 10 מייצג את המספר 8.

③ חילוק - רצוי שהמחלק לא יהיה עם נקודה (עשרוני) ולכן נכפיל את המשוואה ב 10.

בבסיס בינארי, כשהכפלנו ב 10 זה כאילו שהכפלנו ב 2.

Scanned with CamScanner

שיטות שונות לייצוג מספרים:

עבור מספרים חיוביים - כל השיטות מייצגות מספרים חיוביים כך:

$$(N)_r = (\boxed{0}\, b_{n-2}, \dots, b_0 . b_{-1}, \dots b_{-m})_r$$

מייצג מספר חיובי (+)

עבור מספרים שליליים -

קיימות שלוש שיטות עיקריות:

- שיטת יוצג וסימן - $(\bar{N})_r = ((r-1)\, b_{n-2}, \dots b_0 . b_{-1} \dots b_{-m})_r$

  מיוצג בבסיס מיוצג סימן. אם המספר לא למשל, נשים 9 וזה אומר שיש (-) לפני המספר.

  שיטה זו אינה מאפשרת לבצע פעולות אריתמטיות.

- שיטת משלים ל r-1 - $(\bar{N})_r = r^n - r^{-m} - (N)_r$

r - הבסיס
n - מס' ספרות השלם כולל סימן
m - מס' ספרות השבר.

למשל - מהו המשלים ל9 של $(0954.56)_{10} = (?)$

$$(\bar{N}) = 10^4 - 10^{-2} - 0954.56 = (9045.43)_{10}$$

בשיטת המשלים ל9 כל ספרה משלימה ל9.

משיטה זו נשווה כל זוג ספרות ל r-1. הבעיה היא כשנובדת שגישה ואז יש לחבר את סימן הגישה לתוצאה.

← במספרים שליליים, כשיש אחדות בסוף המספר אין לקח משמעות.

- שיטת משלים ל r- $(\bar{N})_r = r^n - (N)_r$

בשיטת משלים ל r נתנהג בדיוק כמו בשיטת משלים ל r-1 מלבד הספרה הימנית ביותר שבאמת משלימה ל r.

שיטה זו הכי טובה כי היא מאפשרת לבצע פעולות אריתמטיות בלי שום הבעיה.

הערה: בהינתן מספר בשיטת משלים ל2, ואם בדבונו לדעת את ערכו הדשרוני, יש להעזר:

נסכום את כל המספרים, מלבד הספרה השמאלית ביותר אותה נחסיר.

התוצאה המתקבלת נכונה רק למס' חיוביים ולא לשליליים.

במספרים שליליים אפשר למחוק אחדים מהתחלה (מהשמאל)

16 8 4 2 1
0 1 0 1 1 → 11 - 0 = 11

16 8 4 2 1
1 1 0 1 1 → 11 - 16 = -5

Scanned with CamScanner

• קידוד בינארי:

קוד BCD (Binary coded Decimal) - כל ספרה עשרונית מקודדת באמצעות 4 ספרות בינאריות. נקרא גם קוד 8421.

קוד EX-3 (Excess 3) - מעבירים ל BCD ולכל ספרה מוסיפים את הערך 3.

← אם רוצים לבצע חיבור/חיסור - אם התוצאה קטנה מ10 נחסיר 3.
אם התוצאה גדולה מ10 נוסיף 3.

עשרוני	בינארי	BCD	EX-3
0	0000	כלום בינארי 0-9	0011
1	0001		0100
2	0010		0101
3	0011		0110
4	0100		0111
5	0101		1000
6	0110		1001
7	0111		1010
8	1000		1011
9	1001		1100
10	1010	0001 0000 (1 0)	

קוד גריי (Gray) - קוד בינארי משוקף. אינו מתאים לפעולות רושמניות אך חשיבותו בפישוט פונקציות.

המרה מבינארי לגריי - הביט השמאלי ביותר בגריי: כלום לביט השמאלי ביותר בבינארי. ואז עבור כל שני ביטים סמוכים בודקים אם הם שונים. אם כן נרשום בגריי 0 ואם לא נרשום 1.

המרה מגריי לבינארי - הביט השמאלי ביותר בבינארי: כלום לביט השמאלי ביותר בגריי. בודקים עבור כל ספרה בגריי (מתחילים משמאל) עם הספרה הקודמת בבינארי (מתחילים בשמאלית ביותר) אם הן שוות. אם כן נרשום בבינארי 0 ואם לא נרשום 1.

Scanned with CamScanner

2 אלגברת מיתג / סימנקליית מיתג -

1. הנחות היסוד:

1. חילופיות:
$a+b=b+a$ ✓
$a\cdot b=b\cdot a$ ✓

2. יחידות:
$a+0=a$ ✓
$a\cdot 1=a$ ✓

3. חוק הפילוג:
$a+(b\cdot c)=(a+b)\cdot(a+c)$ ✓

4. $\bar{a}$ ההופכי של a:
$a+\bar{a}=1$ ✓
$a\cdot\bar{a}=0$ ✓

(#) תמיד אותו להודיו יורים משותף.

(#) כל ביטוי שמוכח, זה הביטוי הדיוקי שלו מוכח. כל הנחה ניתנת להשלה מתוך ההנחה השנייה באמצעות החלפת הפעולות (+ ב- · ולהפך) וכן הרלפת הקבועים (0 ב 1 ולהפך)

2. משפטים בסיסיים:

1. $a+a=a$ ✓
$a\cdot a=a$ ✓

2. $1+a=1$ ✓
$0\cdot a=0$ ✓

3. $\bar{1}=0$
$\bar{0}=1$

4. $\bar{\bar{a}}=a$

5. $a+ab=a$ ✓
$a\cdot(a+b)=a$ ✓

6. משפטי דה-מורגן:
$\overline{a\cdot b}=\bar{a}+\bar{b}$ ✓
$\overline{a+b}=\bar{a}\cdot\bar{b}$

(הוכחה באמצעות טבלת אמת)

(#) בכל ההוכחות הדרך שתמיד תעבוד- בדיר לדאוג שבכל איבר שמרכיב את הסכום תהיה מכפלה של כל שלושת המשתנים. עי' הוספת המכפלה $a+\bar{a}$

3. אלגברת מיתג-

פעולות בסיסיות: (1) or (+) (2) and (·) (3) not (¯)

(#) את כל ההוכחות ניתן לבצע באמצעות טבלת אמת. כלומר, להראות שקולות!

Scanned with CamScanner

4. פונקציית מתג - עבור פונקציה בעלת n משתנים קיימות 2^{2^n} פונקציות שונות.

(עבור n=2 קיימות 16 פונקציות שונות).

פעולות שיש להכיר:

1. NOR $\overline{A+B}$ (F_8)
2. NAND $\overline{A\cdot B}$ (F_{14})
3. XOR $A\oplus B$ (F_6)
4. XNOR $\overline{A\oplus B}$ (F_9)

5. תכונות ה XOR:

1. תוצאות פעולת XOR בין n משתנים שווה 1 אם קיים מספר אי זוגי של אחדות. אחרת, התוצאה שווה 0.

2. חוקי XOR:

(#) $A\oplus 1=\bar{A}$ (#) $A\oplus 0=A$

(#) $A\oplus\bar{A}=1$ (#) $A\oplus A=0$

3. אם מתקיים: $C=A\oplus B$ אזי $B=A\oplus C$ ו $A=B\oplus C$.

ממידה ומשתנה מסוים הוא תוצאת XOR של n משתנים אזי כל משתנה מהווה תוצאת XOR של n המשתנים האחרים.

4. בפעולת XOR של n משתנים, אם יש זוג על אחד המשתנים אזי כה שווה לזוג על כל משתנה אחר או לזוג על מספר משתנים או לזוג על כל המשתנים. בנוסף, כל שתי זוגות מאוורכים שונים ובמהומות שונים מבטלים כה את כה.

למשל:

$\bar{A}\oplus B\oplus C\oplus D = A\oplus\bar{B}\oplus C\oplus D = \overline{A\oplus\bar{B}\oplus\bar{C}\oplus D} = \overline{A\oplus B\oplus C\oplus D}$

Scanned with CamScanner

6.1. פונקציה משלימה $\bar{f}$ - זו פונקציית השלילה של f.

כלומר, בטבלת אמת 1 יוחלף ל 0 ולהפך.

באלגברה, נשים שלילה על הביטוי ונפשט לפי חוקי דה-מורגן.

6.2. פונקציה דואלית f^D - זו הפונקציה שמתקבלת כאשר

מחליפים בפונקציה f כל פעולת OR ב AND ולהפך. ~~בנוסף, תהליך~~

~~החלפת הקבועים מ 0 ל 1 ולהפך.~~

(#) הפונקציה המשלימה $\bar{f}$ ניתנת להשגה מתוך הפונקציה f באמצעות

מציאות הפונקציה הדואלית תחילה. לאחר מכן, כל משתנה נהפך

למשתנה המשלים שלו ($\bar{\ }$).

6.3. פונקציה דואלית לעצמה - פונקציה שמקיימת $f = f^D$.

תכונות שמקיימת פונקציה שדואלית לעצמה:

(1) מספר הזוגות בטבלת אמת = מספר האחדות בטבלת אמת.

(2) מספר הזוגות נמצאים במקומות סימטריים סביב מרכז הטבלה.

(כלומר נקפל את הטבלה סביב מרכזה אז כל "1" ישוקף עם "0" ולהפך).

מספר הפונקציות הדואליות לעצמן עבור n משתנים הוא $2^{2^{n-1}}$.

Scanned with CamScanner